



33082M172

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants : Takanori Mimura, et al.
Serial No. : 10/647,433 Art Unit : Not Yet Assigned
Filed : August 26, 2003 Examiner : Not Yet Assigned
For : SILICON ETCHING METHOD

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner For Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir :

The above-referenced patent application claims priority benefit from the foreign patent application listed below:

Application No. 2002-245930, filed in JAPAN on August 26, 2002.

In support of the claim for priority, attached is a certified copy of the Japanese priority application.

Respectfully submitted,
SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP

Michael A. Makuch, Reg. No. 32,263
1850 M Street, NW – Suite 800
Washington, DC 20036
Telephone : 202/263-4300
Facsimile : 202/263-4329

Date : February 24, 2004

U SP 03 2044

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 8 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 4 5 9 3 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 4 5 9 3 0]

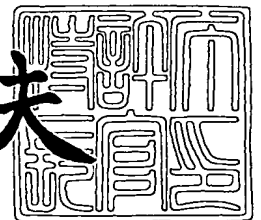
出 願 人 東京エレクトロン株式会社
Applicant(s):



2 0 0 3 年 8 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 6 1 3 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP022142

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/3065

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 三村 高範

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 永関 一也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 山本 賢志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 堀口 克己

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 黄 亜輝

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086564

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 聖孝

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 034290

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9114346

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 Siエッチング方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理容器内でエッチングガスをプラズマ化して、その中でSi基板またはSi層をマスクを介してエッチング加工するSiエッチング方法であって、

前記エッチングガスに、フッ化硫黄またはフッ化炭素、O₂およびフッ化ケイ素を含む混合ガスを用いるSiエッチング方法。

【請求項2】 前記混合ガスにおける前記フッ化ケイ素の含有率は10%以上である請求項1に記載のSiエッチング方法。

【請求項3】 前記混合ガスにおけるフッ化硫黄またはフッ化炭素に対するO₂の混合比が0.2～0.8の範囲内である請求項1または2に記載のSiエッチング方法。

【請求項4】 相対向する一対の電極間に高周波電力を供給して、前記エッチングガスをプラズマ化する請求項1～3のいずれか一項に記載のSiエッチング方法。

【請求項5】 前記高周波電力の周波数は40MHz以上である請求項4に記載のSiエッチング方法。

【請求項6】 前記電極間に電界と直交する磁場を形成する請求項4または5に記載のSiエッチング方法。

【請求項7】 前記磁場の磁束密度は170ガウス以上である請求項6に記載のSiエッチング方法。

【請求項8】 前記Si基板またはSi層を含む被処理体が載置される電極に前記高周波電力を印加する請求項4～7のいずれか一項に記載のSiエッチング方法。

【請求項9】 前記処理容器内の圧力が50mTorr～10Torrである請求項1～8のいずれか一項に記載のSiエッチング方法。

【請求項10】 前記Si基板またはSi層を含む被処理体が載置される電極の温度が-30℃～20℃である請求項1～9のいずれか一項に記載のSi

エッチング方法。

【請求項 11】 前記エッチング加工が前記 Si 基板または Si 層に約 $3\ \mu\text{m}$ 以下の開口径または開口幅および約 $15\ \mu\text{m}$ 以下の深さで穴または溝を形成する加工であり、フッ化硫黄またはフッ化炭素、 O_2 およびフッ化ケイ素の流量比が $1/0.6 \sim 0.67/0.33 \sim 2.33$ である請求項 1～10 のいずれか一項に記載の Si エッチング方法。

【請求項 12】 前記高周波電力のパワー密度が $1.5 \sim 6.4\ \text{W}/\text{cm}^2$ である請求項 11 に記載の Si エッチング方法。

【請求項 13】 前記処理容器内の圧力が $50 \sim 250\ \text{mTorr}$ である請求項 11 または 12 に記載の Si エッチング方法。

【請求項 14】 前記エッチング加工が前記 Si 基板または Si 層に約 $3\ \mu\text{m}$ 以上の開口径または開口幅および約 $20\ \mu\text{m}$ 以上の深さで穴または溝を形成する加工であり、フッ化硫黄またはフッ化炭素、 O_2 およびフッ化ケイ素の流量比が $0.8 \sim 2.4/0.16 \sim 0.96/1$ である請求項 1～10 のいずれか一項に記載の Si エッチング方法。

【請求項 15】 前記高周波電力のパワー密度が $6.8 \sim 12.5\ \text{W}/\text{cm}^2$ である請求項 14 に記載の Si エッチング方法。

【請求項 16】 前記処理容器内の圧力が $250 \sim 450\ \text{mTorr}$ である請求項 14 または 15 に記載の Si エッチング方法。

【請求項 17】 前記フッ化硫黄が SF_6 である請求項 1～16 のいずれか一項に記載の Si エッチング方法。

【請求項 18】 前記フッ化ケイ素が SiF_4 である請求項 1～17 のいずれか一項に記載の Si エッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】

本発明は、Si（シリコン）をエッチングする方法に係わり、特にプラズマを用いるドライエッチング方法に関する。

【従来の技術】

代表的な Si エッチングは、素子分離用の溝状トレンチあるいはキャパシタ用

の筒状トレンチを形成するトレンチエッチングである。とりわけ、DTI (Deep Trench Isolation) 用のトレンチエッチングやメモリセル・キャパシタ用のトレンチエッチングは、Si 基板の主面に間口（開口径） $0.8 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 程度、深さ $5 \sim 8 \mu\text{m}$ 程度の溝や穴を形成するもので、高アスペクト比エッチングの代表例とされている。さらに、最近の三次元実装デバイスやMEMS (Micro Electro Mechanical System) では、Si 基板に $100 \mu\text{m}$ 以上の深さで配線用の貫通孔やメカニカル構造用の溝等を形成するエッチング加工も要求されている。

従来より、Si エッチング用の反応ガスとして SF_6/O_2 混合ガスが多く用いられている。 SF_6 ガスは、プラズマ中で生成されるF原子の密度が他のフッ素系ガスよりも数倍大きいことや、 SF_6 に含まれるS原子がSi 表面の酸化を防止してSi エッチングを促進する働きがあること等から、Si の高速エッチングに最適なエッチャントガスとされている。また、 O_2 ガスは、Si 基板中のSi と反応して側壁に酸化膜 (SiO_x) を形成し、垂直（異方性）エッチングを促進する働きがある。

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、Si エッチングにおいて、 SF_6/O_2 ガス系は、側壁保護効果が十分ではなく、エッチング穴または溝の側壁にえぐれまたはアンダーカットが生じやすく、垂直（異方性）形状のエッチングを達成するのは難しい。また、マスク選択比も十分ではなく、エッチング深度に限界がある。このような SF_6/O_2 ガス系の短所を補うべく、 SF_6/O_2 ガス系によるエッチングとCF系ガスによるデポジションとを交互に行なうプロセスが提案されている。しかし、この方法は、デポジション中はエッチングが進行しないため、処理効率ないしスループットが低いという問題がある。

本発明は、かかる従来技術の問題点を解決するものであり、マスク選択比および異方性形状を同時に向上させ、高速エッチングも可能とするSi エッチング方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明は、Si 基板またはSi 層をマスクを介してプラズマエッチングするに際して、フッ化硫黄またはフッ化炭素/ O_2 ガス系

にフッ化ケイ素を添加した混合ガスをエッチングガスに用いる。フッ化ケイ素の添加（好ましくは混合ガス総量の10%以上の添加）により、プラズマ中で解離または生成された気相状態のSiがO₂分子や酸素ラジカルと反応して、マスク上に酸化膜（SiO_x）を堆積するとともに、側壁に形成される保護膜（SiO_x）を増強する。マスク上に堆積する酸化膜は、マスクのエッチングを抑制して、マスク選択比を高める。一方、側壁保護膜の増強は、アンダーカットまたはサイドエッチングを十全に阻止して、垂直エッチングを促進する。また、フッ化ケイ素は解離してエッチャントのF原子を供給するため、深さ方向のエッチングを進行させる。したがって、高速エッチングも可能である。

本発明におけるフッ化硫黄はS/F比（フッ素原子数に対する硫黄原子数の比）の低いSF₆が望ましいが、S₂F₁₀でもよい。フッ化炭素は、C/F比（フッ素原子数に対する炭素原子数の比）の低いCF₄が望ましいが、C₃F₈でもよい。フッ化ケイ素は、SiF₄が望ましいが、Si₂F₆でもよい。

本発明のSiエッチング方法に用いるマスクの材質は、Si以外であれば任意の材質でよいが、通常はシリコン酸化膜やフォトレジストが選ばれてよい。

本発明のSiエッチング方法では、エッチング形状の仕様パターンまたはサイズに応じてエッチングガスの流量または流量比を最適化することが望ましい。

また、本発明のSiエッチング方法では、エッチングガスをプラズマ化して生成したイオンやラジカルをエッチングに用いる。本発明を実施するためのプラズマエッチング装置は、高速エッチングや異方性形状の面から、平行平板型が好ましく、さらには有磁場RIE（Reactive Ion Etching）タイプの装置が好ましい。有磁場RIEでは、Si基板またはSi層を含む被処理体が載置される電極側に高周波電力を印加してよい。また、電極間の電界と直交する方向（つまり電極表面と平行な方向）に形成される磁場は、磁束密度が高いほどプラズマの高密度化に有利であり、好ましくは170 Gauss以上としてよい。

高周波電力の周波数は、高周波数側ほどエッチングレートやマスク選択比を高めるのに有利であり、好ましくは40 MHz以上としてよい。本発明のSiエッチング方法において、高周波電力のパワーはエッチング速度、マスク選択比、異方性、テーパ角等のエッチング特性を左右する重要なエッチング条件であり、仕

様パターンやガス混合比、圧力等に応じて最適な高周波パワーを設定してよい。

本発明のSiエッチング方法では、処理容器内の圧力もエッチング特性を左右する重要なエッチング条件であり、仕様パターンやガス混合比、高周波電力等に応じて最適な圧力を設定してよい。

また、被処理体が載置される電極の温度もエッチング特性、特に垂直加工性に影響する。本発明のSiエッチング方法では、アンダーカットを効率よく防止ないし低減するには低温領域が好ましく、 $-30^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲内に設定してよい。

具体的に、Si基板またはSi層に約 $3\mu\text{m}$ 以下の開口径または開口幅および約 $15\mu\text{m}$ 以下の深さで穴または溝を形成するエッチング加工においては、フッ化硫黄またはフッ化炭素、 O_2 およびフッ化ケイ素の流量比は $1/0.6 \sim 0.67/0.33 \sim 2.33$ の範囲が好ましく、高周波電力のパワー密度は $1.5 \sim 6.4\text{W}/\text{cm}^2$ の範囲が好ましく、圧力は $50 \sim 250\text{mTorr}$ の範囲が好ましい。

また、Si基板またはSi層に約 $3\mu\text{m}$ 以上の開口径または開口幅および約 $20\mu\text{m}$ 以上の深さで穴または溝を形成するエッチング加工においては、フッ化硫黄またはフッ化炭素、 O_2 およびフッ化ケイ素の流量比は $0.8 \sim 2.4/0.16 \sim 0.96/1$ の範囲が好ましく、高周波電力のパワー密度は $6.8 \sim 12.5\text{W}/\text{cm}^2$ の範囲が好ましく、圧力は $250 \sim 450\text{m}$ の範囲が好ましい。

【発明の実施の形態】

以下、添付図を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

図1に、本発明のSiエッチング方法の実施に好適なエッチング装置の構成を示す。このエッチング装置は、マグネトロンRIE型のプラズマエッチング装置として構成されており、たとえばアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属製のチャンバ（処理容器）1を有している。

チャンバ1内には、被処理体としてのたとえば単結晶Si基板Wを載置するためのテーブルまたはサセプタ2が設けられている。このサセプタ2は、たとえばアルミニウムからなり、絶縁部材3を介して導体の支持部4に支持されている。サセプタ2の上面の周囲には、たとえば石英からなるフォーカスリング5が配置さ

れている。サセプタ 2 と支持部 4 は、ボールネジ 7 を含む昇降機構により昇降可能となっており、支持部 4 の下方に設けられる昇降駆動部（図示せず）はステンレス鋼製のベローズ 8 で覆われている。ベローズ 8 の外側にはベローズカバー 9 が設けられている。フォーカスリング 5 の下面はバッフル板 10 に接続されており、フォーカスリング 5 は、このバッフル板 10、支持部 4 およびベローズ 8 を介してチャンバ 1 と導通している。チャンバ 1 は接地されている。

チャンバ 1 の大径に形成された下部 1b の側壁には排気口 11 が形成され、この排気口 11 に排気管を介して排気系 12 が接続されている。排気系 12 の真空ポンプを作動させることにより、チャンバ 1 内の処理空間を所定の真空度まで減圧できるようになっている。チャンバ 1 の下部 1b の側壁には、SiウエハWの搬入出口を開閉するゲートバルブ 13 も取り付けられている。

サセプタ 2 には、整合器 14 を介してプラズマ生成およびRIE用の第 1 の高周波電源 15 が電氣的に接続されている。この第 1 の高周波電源 15 は、所定の高周波数たとえば 40 MHz の高周波電力を下部電極つまりサセプタ 2 に印加する。なお、チャンバ 1 の天井部には、後述するシャワーヘッド 20 が接地電位の上部電極として設けられている。したがって、高周波電源 15 からの高周波電力はサセプタ 2 とシャワーヘッド 20 との間に容量的に印加される。

サセプタ 2 には、主高周波電源 15 と並列に、第 2 の高周波電源 26 も別個の整合器 25 を介して電氣的に接続されている。この第 2 の高周波電源 26 は、第 1 の高周波電源 15 側の高周波数よりもずっと低い高周波数たとえば 3.6 MHz の高周波電力をサセプタ 2 に重畳的に印加する。この第 2 の高周波電源 26 からの高周波電力は、微細で深い穴または溝をエッチング加工する場合に使用されてよい。

サセプタ 2 の上面にはSiウエハWを静電吸着力で保持するための静電チャック 6 が設けられている。この静電チャック 6 は導電膜からなる電極 6a を一対の絶縁シート 6b の間に挟み込んだものであり、電極 6a には直流電源 16 が電氣的に接続されている。直流電源 16 からの直流電圧により、クーロン力でSiウエハWを吸着保持することができる。

サセプタ 2 の内部には、たとえば円周方向に延在する冷媒室 17 が設けられて

いる。この冷媒室 17 には、外付けのチラーユニット（図示せず）より配管 17 a, 17 b を介して所定温度の冷媒たとえば冷却水が循環供給される。冷媒の温度によってサセプタ 2 上の Si ウエハ W の処理温度を制御できる。エッチング形状の垂直（異方性）を高めるためには、サセプタ 2 の温度が低いほど好ましく、たとえば -30°C 程度の冷媒を用いてよい。

さらに、ガス導入機構 18 からの冷却ガスたとえば He ガスが、ガス供給ライン 19 を介して静電チャック 6 の上面と Si ウエハ W の裏面との間に供給される。ガス導入機構 18 は、エッチング加工のウエハ面内均一性を高めるため、ウエハ中心部とウエハ周縁部とでガス圧つまり背圧を独立的に制御できるようになっている。

天井部のシャワーヘッド 20 は、サセプタ 2 の上面と平行に対向する下面に多数のガス吐出口 22 を設けている。ガス吐出面の内側にバッファ室 21 が設けられ、このバッファ室 21 のガス導入口 20 a には処理ガス供給系 23 からのガス供給配管 23 a が接続されている。

チャンバ 1 の小径に形成された上部 1 a の周囲には、環状または同心状に延在するダイボールリング磁石 24 が配置されている。このダイボールリング磁石 24 は、図 2 の横断面図に示すように、リング状の磁性体からなるケーシング 32 内に複数個たとえば 16 個の異方性セグメント柱状磁石 31 を周回方向に一定間隔で配列してなる。図 2 において、各異方性セグメント柱状磁石 31 の中に示す矢印は磁化の方向を示しており、図示のように各異方性セグメント柱状磁石 31 の磁化の方向を周回方向に沿って少しずつずらすことで、全体として一方向に向うような水平磁界 B を形成することができる。

したがって、サセプタ 2 とシャワーヘッド 20 との間の空間には、図 3 に模式的に示すように、第 1 の高周波電源 15 により鉛直方向の RF 電界 E L が形成されるとともに、ダイボールリング磁石 24 により水平磁界 B が形成される。これらの直交電磁界を用いるマグネトロン放電により、サセプタ 2 の表面近傍に高密度のプラズマを生成することができる。

このプラズマエッチング装置において、Si エッチングを行なうには、先ずゲートバルブ 13 を開にして加工対象の Si ウエハ W をチャンバ 1 内に搬入して、

サセプタ 2 の上に載置する。次いで、S i ウエハ W が載置されたサセプタ 2 を図示の高さ位置まで上昇させ、排気系 12 の真空ポンプにより排気口 11 を介してチャンバ 1 内を排気する。そして、処理ガス供給系 23 よりエッチングガスを所定の流量でチャンバ 1 内に導入し、チャンバ 1 内の圧力を設定値にする。さらに、第 1 の高周波電源 15 より所定のパワーで高周波電力をサセプタ 2 に印加する。また、直流電源 16 より直流電圧を静電チャック 6 の電極 6 a に印加して、S i ウエハ W をサセプタ 2 に固定する。シャワーヘッド 20 より吐出されたエッチングガスはマグネトロン放電でプラズマ化し、このプラズマで生成されるラジカルやイオンによって S i ウエハ W がエッチングされる。

この実施形態の S i エッチングでは、フッ化硫黄またはフッ化炭素たとえば SF_6 と O_2 とフッ化ケイ素たとえば SiF_4 の混合ガスをエッチングガスに用いる。このため、処理ガス供給系 23 は、図 4 に示すように、 SF_6 ガス源 40、 O_2 ガス源 41 および SiF_4 ガス源 42 を有し、それぞれの流量を流量制御弁 40 a, 41 a, 42 a によって個別に制御できるようにしている。

次に、本発明の S i エッチング方法の具体的な実施例を説明する。

実施例 1

図 1 のプラズマエッチング装置を使用し、S i エッチングにおいて SF_6/O_2 ガス系に SiF_4 を加えることによってマスクのエッチングレートを抑制する効果を実験で確認した。他のエッチング条件は下記のとおりであり、図 5 および図 6 に実験結果のデータを示す。

S i ウエハ口径 = 8 インチ

マスク材料 = SiO_2 膜 (CVD 酸化膜)

$\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4 = 150/90/0 \sim 350 \text{ sccm}$

圧力 = 170 mTorr

RF 周波数 = 40 MHz, RF パワー 1400 W (4.48 W/cm²)

背圧 (センター部/エッジ部) = 15/40 Torr (He ガス)

上部及び下部電極間距離 = 37 mm

温度 (下部電極/上部電極/チャンバ側壁) = -15/40/40 °C

エッチング時間 = 60 秒

図5および図6に示すように、 SF_6/O_2 ガス系に SiF_4 を添加することによって、しかも添加量を多くするほど（少なくとも0～350 sccmの範囲では）、マスク（ SiO_2 膜）のエッチング速度がほぼ線形的に低下するとともに、マスク・エッチング速度のウエハ面内均一性も向上することが確認された。これは、プラズマ中で SiF_4 から解離したSiが O_2 分子や酸素ラジカルと反応することによって、マスク（ SiO_2 膜）の表面にエッチングを阻止する酸化膜（ SiO_x ）が形成され、 SiF_4 の添加量が多いほど酸化膜（ SiO_x ）の堆積量が増してマスク保護効果が増大するためと推測される。なお、後述するように、 SF_6/O_2 ガス系に SiF_4 を添加しても、Siのエッチング速度はそれほど影響を受けず、少し低下するだけである。したがって、（少なくとも0～350 sccmの範囲では） SiF_4 の添加量が多いほど、それに比例してマスク選択比を上げることができる。

実施例2（A1～A6）

Si基板に開口径（ ϕ ）5 μm および深さ約30 μm の穴を形成するトレンチエッチングにおいて、図1のプラズマエッチング装置を使用し、エッチングガス（ $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$ ）の混合比、特に SF_6 および O_2 ガスの流量をパラメータにしてエッチング特性を評価した。他のエッチング条件は下記のとおりである。

Siウエハ口径＝6インチ

マスク材料＝ SiO_2 膜（CVD酸化膜）、マスク厚＝2 μm

開口率＝5%

$\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$ ＝200～600／40～240／250 sccm

圧力＝250 mTorr

RF周波数＝40 MHz，RFパワー1200 W（6.8 W／ cm^2 ）

背圧（センター部／エッジ部）＝7／40 Torr（Heガス）

上部及び下部電極間距離＝37 mm

温度（下部電極／上部電極／チャンバ側壁）＝－10／40／40℃

エッチング時間＝120秒

比較例（a1）

Si基板に開口径（ ϕ ）5 μm および深さ約30 μm 以上の穴を形成するトレ

ンチエッチングにおいて、図1のプラズマエッチング装置を使用し、 SF_6/O_2 混合ガスをエッチングガスに用いた場合のエッチング特性を評価した。エッチング条件は、 $\text{SF}_6/\text{O}_2=400/75\text{ sccm}$ のエッチングガスを用いる以外は、実施例2 (A1~A6) と同じである。

図7に、比較例a1および実施例A1~A6で得られたエッチング特性、すなわちSiのエッチング速度(Si E/R)、マスクのエッチング速度($\text{SiO}_2\text{ E/R}$)、選択比($\text{Si E/R}/\text{SiO}_2\text{ E/R}$)、アンダーカット、テーパ角の測定データを示す。図8に比較例a1で得られたパターンの断面図および部分拡大断面図 (SEM写真) を示し、図9に実施例A1~A6で得られたパターンの断面図 (SEM写真) をマッピング形式で示し、図10に実施例A3, A2におけるパターンの断面の部分拡大断面図 (SEM写真) を示す。測定ポイントの「エッジ」は、ウエハのノッチ端から中心点に向って10mmの位置である。なお、アンダーカットおよびテーパ角は図11の概念図のように定義される。

図7および図8から、比較例a1では、被エッチング材 (Si) のエッチング速度が大きいだけでなく、マスク (SiO_2) のエッチング速度も大きいため、選択比が30程度に止まることが確認された。また、マスク付近の側壁にえぐれ (アンダーカット) が発生することも確認された。

図7、図9および図10から、実施例A1~A6では、比較例a1に比して、Siのエッチング速度が幾らか低下するものの、それ以上にマスク (SiO_2) のエッチング速度が低下して選択比が改善され、アンダーカットも改善されることが分かる。特に、実施例A3 ($\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4=200/160/250\text{ sccm}$ 、 SiF_4 の割合=41%) がマスク選択比および異方性形状の点で最も優れている。なお、実施例A1および実施例A4のように、 SF_6 に対する O_2 の混合比が低すぎると、具体的には0.2以下では、選択比およびアンダーカットのいずれも改善効果が低下する。これは、 O_2 分子や酸素ラジカルが不足して、マスク保護膜や側壁保護膜が十分に形成されないためと考えられる。なお、実施例A1~A6において、エッチングガス ($\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$) の流量200~600/40~240/250 sccmを流量比に換算すると、0.8~2.4/0.16~0.96/1である。

上記のように、 $5\mu\text{m}\phi$ のトレンチエッチングでは、 $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$ の流量を $200\sim600/40\sim240/250\text{ sccm}$ （最も好ましくは約 $200/160/250\text{ sccm}$ ）に設定することで、つまり $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$ の流量比を $0.8\sim2.4/0.16\sim0.96/1$ （最も好ましくは約 $0.8/0.64/1$ ）に設定することで、高速のエッチングレートを確保しつつマスク選択比および垂直形状を同時に改善できることが分かった。

実施例 3 (B1～B6)

Si 基板に開口径 (ϕ) $20\mu\text{m}$ および深さ約 $40\mu\text{m}$ の穴を形成するトレンチエッチングにおいて、図1のプラズマエッチング装置を使用し、 $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$ の流量比、特に SF_6 ガスおよび O_2 ガスの流量をパラメータにしてエッチング特性を評価した。他のエッチング条件は、上記実施例2と同じである。

比較例 (b1)

Si 基板に開口径 (ϕ) $20\mu\text{m}$ および深さ約 $40\mu\text{m}$ の穴を形成するトレンチエッチングにおいて、図1のプラズマエッチング装置を使用し、 SF_6/O_2 混合ガスをエッチングガスに用いた場合のエッチング特性を評価した。エッチング条件は、 $\text{SF}_6/\text{O}_2=400/75\text{ sccm}$ のエッチングガスを用いる以外は、実施例3 (B1～B6) と同じである。

図12に、比較例b1および実施例B1～B6で得られたSiのエッチング速度 (Si E/R)、マスクのエッチング速度 (SiO₂ E/R)、選択比 (Si E/R/SiO₂ E/R)、アンダーカット、テーパ角の測定データを示す。また、図13に比較例b1で得られたパターンの断面図および部分拡大断面図 (SEM写真) を示し、図14に実施例B1～B6で得られたパターンの断面図 (SEM写真) をマッピング形式で示し、図15に実施例B3, B2におけるパターンの部分拡大断面図 (SEM写真) を示す。

図7および図12から、 $5\mu\text{m}\phi$ のエッチングと $20\mu\text{m}\phi$ のエッチングとを比較すると、開口径を大きくするほど被エッチング材であるSiのエッチング速度が増大する一方で、マスク (SiO₂) のエッチング速度は変わらないため、選択比は向上することが分かる。しかし、図12および図13に示すように、比較例b1では、やはりアンダーカットが発生し、しかもその度合いは比較例a1より

も増大する。この一要因として、開口径が大きいほど、斜めイオンによる側壁へのアタックが増すことが考えられる。これに対して、実施例B1～B6では、図12、図14および図15に示すように、アンダーカットが発生しなかった。しかも、実施例B2 ($\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4=200/80/250\text{ sccm}$ 、 SiF_4 の割合=47%)では、選択比も比較例b1に比して著しく改善(約26～35%向上)している。

なお、実施例B3では、図14および図15に示すように、エッチング穴内に柱状の残渣が生じる。これは、 SF_6 ガスに対する O_2 ガスの混合比が大きすぎると(実施例B3では O_2/SF_6 の混合比率が0.8)、開口部内の表面に酸化物等の不揮発性物質が残って微小なマスクとして作用することにより、下地層(Si)のエッチングが妨げられるものと推測される。実際、実施例B5のように、 SF_6 ガスの流量を増やして O_2/SF_6 の混合比率を下げると、柱状残渣は生じなくなる。もっとも、実施例B4のように、 SF_6 に対する O_2 の混合比が小さすぎると(実施例B4では O_2/SF_6 の比率が0.2)、エッチング穴の中間部ないし底部で側壁保護膜が成長しにくくなり、エッチング形状がボーイングまたは逆テーパ化しやすくなる。

上記のように、 $20\mu\text{m}\phi$ のトレンチエッチングでは、 $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$ の流量を $200\sim600/40\sim240/250\text{ sccm}$ (最も好ましくは約 $200/80/250\text{ sccm}$)に設定することで、つまり $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$ の流量比を $0.8\sim2.4/0.16\sim0.96/1$ (最も好ましくは約 $0.8/0.32/1$)に設定することで、高速のエッチングレートを保証しつつ、マスク選択比および垂直形状を同時に改善できることが分かった。

上記のような本発明のSiエッチングにおける $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$ の流量比は、 $5\mu\text{m}\phi\sim20\mu\text{m}\phi$ のトレンチエッチングはもちろん、 $5\mu\text{m}\phi$ 以下のトレンチエッチングあるいは $20\mu\text{m}\phi$ 以上のトレンチエッチングでも有効である。

実施例4 (C1～C4)

Si基板に開口径(ϕ) $5\mu\text{m}$ および深さ約 $30\mu\text{m}$ の穴を形成するトレンチエッチングにおいて、図1のプラズマエッチング装置を使用し、高周波電力(RF)パワーとチャンバ内の圧力(ガス圧)をパラメータにしてエッチング特性を

評価した。他のエッチング条件は下記のとおりである。

Siウエハ口径=6インチ

マスク材料=SiO₂膜(CVD酸化膜)、マスク厚=2 μm

開口率=5%

SF₆/O₂/SiF₄=200/160/250 sccm

RF周波数=40MHz

背圧(センター部/エッジ部)=7/40 Torr (Heガス)

上部及び下部電極間距離=37mm

温度(下部電極/上部電極/チャンバ側壁)=-10/40/40°C

エッチング時間=120秒

図16に各実施例C1~C4のデータを示し、図17に各実施例C1~C4におけるパターンの断面図(SEM写真)をマッピング形式で示す。図16および図17から、実施例C1~C3のように、他のエッチング条件、特に圧力を250mTorr(一定)にしたままでRFパワーを1200Wから1700W、2200Wと上げて、それだけではSiエッチング速度および選択比のいずれもさほど変わらず、むしろテーパ角の増大つまり逆テーパ化の傾向が増すことが分かる。しかし、実施例C4のように、RFパワー上昇に応じて圧力を450mTorrに上げると、テーパ角を順テーパに保ちつつ、Siエッチング速度および選択比のいずれも著しく向上することが分かる。本発明のSiエッチングでは圧力を10Torr程度まで上げることができる。なお、実施例C1~C4におけるRFパワーの範囲1200~2200Wをパワー密度に換算すると、6.8~12.5W/cm²である。

このように、5 μmφのトレンチエッチングでは、RFパワーとガス圧とを相関的に制御することで、Siエッチング速度、選択比およびテーパ角を制御し、かつ最適化できることが分かる。

実施例5 (D1~D4)

Si基板に開口径(φ)20 μmおよび深さ約40 μmの穴を形成するトレンチエッチングにおいて、図1のプラズマエッチング装置を使用し、高周波電力(RF)パワーとチャンバ内の圧力(ガス圧)を変えてエッチング特性を評価した

。エッチング条件は上記実施例4と同じであり、図18に各実施例のデータを示し、図19に各実施例におけるパターンの断面図（SEM写真）をマッピング形式で示す。

図18および図19に示すように、 $20\mu\text{m}\phi$ のトレンチエッチングでは、実施例D1～D3のように、圧力を250mTorr（一定）にしたままRFパワーを1200Wから1700W、2200Wと上げると、それに比例してSiエッチング速度および選択比のいずれも向上し、しかも柱状残渣が減少する。これは、開口径が大きいほど、RFパワーの上昇によるプラズマ密度ないしラジカル（特にフッ素ラジカル）の増加、ひいてはSiエッチングを促進する効果が大きくなるためと推測される。また、 $20\mu\text{m}\phi$ のトレンチエッチングでも、RFパワーの上昇に応じてテーパ角の増大ないし逆テーパ化の傾向が強まるが、実施例D4のように、圧力を450mTorrに上げると、テーパ角を順テーパに保ちつつ、Siエッチング速度および選択比のいずれも大幅に改善できる。

このように、 $20\mu\text{m}\phi$ のトレンチエッチングでも、RFパワーとガス圧とを相關的に制御することで、Siエッチング速度、選択比およびテーパ角を制御し、かつ最適化できることが分かる。

実施例6（E1～E5）

Si基板に開口幅1.2 μm 、長さ1～10 μm および深さ約6 μm の溝を形成するトレンチエッチングにおいて、図1のプラズマエッチング装置を使用し、エッチングガス（SF₆/O₂/SiF₄）の流量比、特にSiF₄の流量、圧力、高周波パワーをパラメータにしてエッチング特性を評価した。他のエッチング条件は下記のとおりである。

Siウエハ口径＝8インチ

マスク材料＝SiO₂膜（CVD酸化膜）、マスク厚＝2 μm

RF周波数＝40MHz

上部及び下部電極間距離＝37mm

温度（下部電極／上部電極／チャンバ側壁）＝－15／40／40℃

比較例（e1～e3）

Si基板に開口幅1.2 μm 、長さ1～10 μm および深さ約6 μm の溝を形

成するトレンチエッチングにおいて、図1のプラズマエッチング装置を使用し、 SF_6/O_2 混合ガスをエッチングガスに用いた場合に、圧力、高周波パワーをパラメータにしてエッチング特性を評価した。他のエッチング条件は実施例6と同じである。

図20および図21から、実施例E1～E3と比較例e1～e3とを比較すると、 $1.2\mu\text{m}$ のトレンチエッチングでは、 SF_6/O_2 ガス系に SiF_4 を添加することによって、選択比はそれほど変わらないものの、 Si エッチング速度を向上させることができ、特に実施例E2、E3のように圧力およびRFパワーを上げるほど Si エッチング速度の大幅な向上を達成できることが分かる。

また、図21および図22から、実施例E2、E3 ($\text{SiF}_4=50\text{ sccm}$) と実施例E4、E5 ($\text{SiF}_4=350\text{ sccm}$) とを比較すると、実施例E4、E5のように SiF_4 の添加量を増やすことで、 Si エッチング速度を幾らか下げながらも選択比を大幅に改善できることが分かる。これは、上述した実施例1から明らかのように、 SiF_4 の添加量が増すほど、それに比例して SiO_2 (マスク) エッチング速度が低下するためである。また、実施例E4 ($\text{O}_2=90\text{ sccm}$) と実施例E5 ($\text{O}_2=100\text{ sccm}$) とを比較すると、 O_2 含有率の少ない実施例E4の方が選択比および Si エッチング速度のいずれも優れていることが分かる。

なお、実施例E1～E5において、エッチングガス ($\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$) の流量 $150/90\sim 100/50\sim 350\text{ sccm}$ を流量比に換算すると、 $1/0.6\sim 0.67/0.33\sim 2.33$ である。また、RFパワー $650\sim 2000\text{ W}$ をパワー密度に換算すると、 $2.0\sim 6.4\text{ W/cm}^2$ である。RFパワーを 500 W (1.5 W/cm^2) 程度まで下げても有効である。

以上に述べた実施の形態および実施例は、本発明の技術思想に基づいてさらに変形が可能である。

上記の実施形態におけるトレンチの仕様 (開口径または開口幅、深さ) は一例であり、種々のトレンチ仕様に対して上記の実施例のエッチング条件をそのまま、または適宜変形して適用することができる。たとえば、上記実施例2 (A1～A6)、実施例3 (A1～A6)、実施例4 (C1～C4) および実施例4 (C1～C4) のエッチング条件、特にエッチングガス ($\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{SiF}_4$) の流量比、

R F パワーおよびガス圧は、S i 基板またはS i 層に約 3 μ m以上の開口径または開口幅および約 2 0 μ m以下の深さでトレンチを形成する加工に適用できる。また、上記実施例 2 (E1~E5) のエッチング条件、特にエッチングガス (S F₆/O₂/S i F₄) の流量比、R F パワーおよびガス圧は、S i 基板またはS i 層に約 3 μ m以下の開口径または開口幅および約 1 5 μ m以下の深さでトレンチを形成する加工に適用できる。

また、本発明のS F₆/O₂/S i F₄ガス系を用いるエッチングとS F₆/O₂ガス系を用いるエッチングとを交互に行なうプロセスも可能である。この場合、S F₆/O₂ガス系による高速エッチングと本発明のS F₆/O₂/S i F₄ガス系による高選択性および垂直形状性とを有機的に組み合わせることができる。

上記実施形態ではマグネトロンR I Eプラズマエッチング装置の磁場形成手段としてダイボールリング磁石を用いたが、これに限るものではなく、磁場の形成も必須のものではない。また、任意のプラズマ機構を使用することができ、容量結合型に限らず、誘導結合型の装置でもよい。上記実施形態ではS i ウエハのエッチングを示したが、S i 基板またはS i 層を含む任意の被処理体について本発明のS i エッチング方法を適用することができる。

本発明のS i エッチング方法は、トレンチエッチングに限るものではなく、三次元実装デバイスやMEMS等において配線用の貫通孔やメカニカル構造用の溝等を形成するエッチング加工にも適用可能である。

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のS i エッチング方法によれば、基本的にはフッ化硫黄またはフッ化炭素、O₂およびフッ化ケイ素を含む混合ガスをエッチングガスに用いることにより、好ましくは所要のエッチング条件を最適化することにより、マスク選択比および異方性形状を同時に向上させ、高速エッチングも可能とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明のS i エッチング方法を実施するためのプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

【図 2】

図 1 のエッチング装置に取り付けられるダイボールリング磁石の構成を模式的に示す図である。

【図 3】

図 1 のエッチング装置のチャンバ内で形成される電界および磁界を説明するための図である。

【図 4】

図 1 のエッチング装置における処理ガス供給系の構成を示す図である。

【図 5】

第 1 の実施例における SiF_4 ガスの流量と SiO_2 (マスク) エッチング速度との関係を示すグラフである。

【図 6】

第 1 の実施例における SiO_2 (マスク) エッチング速度のウエハ面内均一性を示すグラフである。

【図 7】

第 2 の実施例における主要なエッチング条件およびエッチング特性を一覧表として示す図である。

【図 8】

第 2 の実施例に対応する比較例におけるエッチング形状の断面を示す図 (SEM 写真) である。

【図 9】

第 2 の実施例におけるエッチング形状の断面を示す図 (SEM 写真) である。

【図 10】

第 2 の実施例におけるエッチング形状の断面を示す部分拡大図 (SEM 写真) である。

【図 11】

アンダーカットおよびテーパ角の定義を説明するための図である。

【図 12】

第 3 の実施例における主要なエッチング条件およびエッチング特性を一覧表と

して示す図である。

【図 1 3】

第 3 の実施例に対応する比較例におけるエッチング形状の断面を示す図（S E M写真）である。

【図 1 4】

第 3 の実施例におけるエッチング形状の断面を示す図（S E M写真）である。

【図 1 5】

第 3 の実施例におけるエッチング形状の断面を示す部分拡大図（S E M写真）である。

【図 1 6】

第 4 の実施例における主要なエッチング条件およびエッチング特性を一覧表として示す図である。

【図 1 7】

第 4 の実施例におけるエッチング形状の断面を示す図（S E M写真）である。

【図 1 8】

第 5 の実施例における主要なエッチング条件およびエッチング特性を一覧表として示す図である。

【図 1 9】

第 5 の実施例におけるエッチング形状の断面を示す図（S E M写真）である。

【図 2 0】

第 6 の実施例に対応する比較例における主要なエッチング条件およびエッチング特性を一覧表として示す図である。

【図 2 1】

第 6 の実施例における主要なエッチング条件およびエッチング特性を一覧表として示す図である。

【図 2 2】

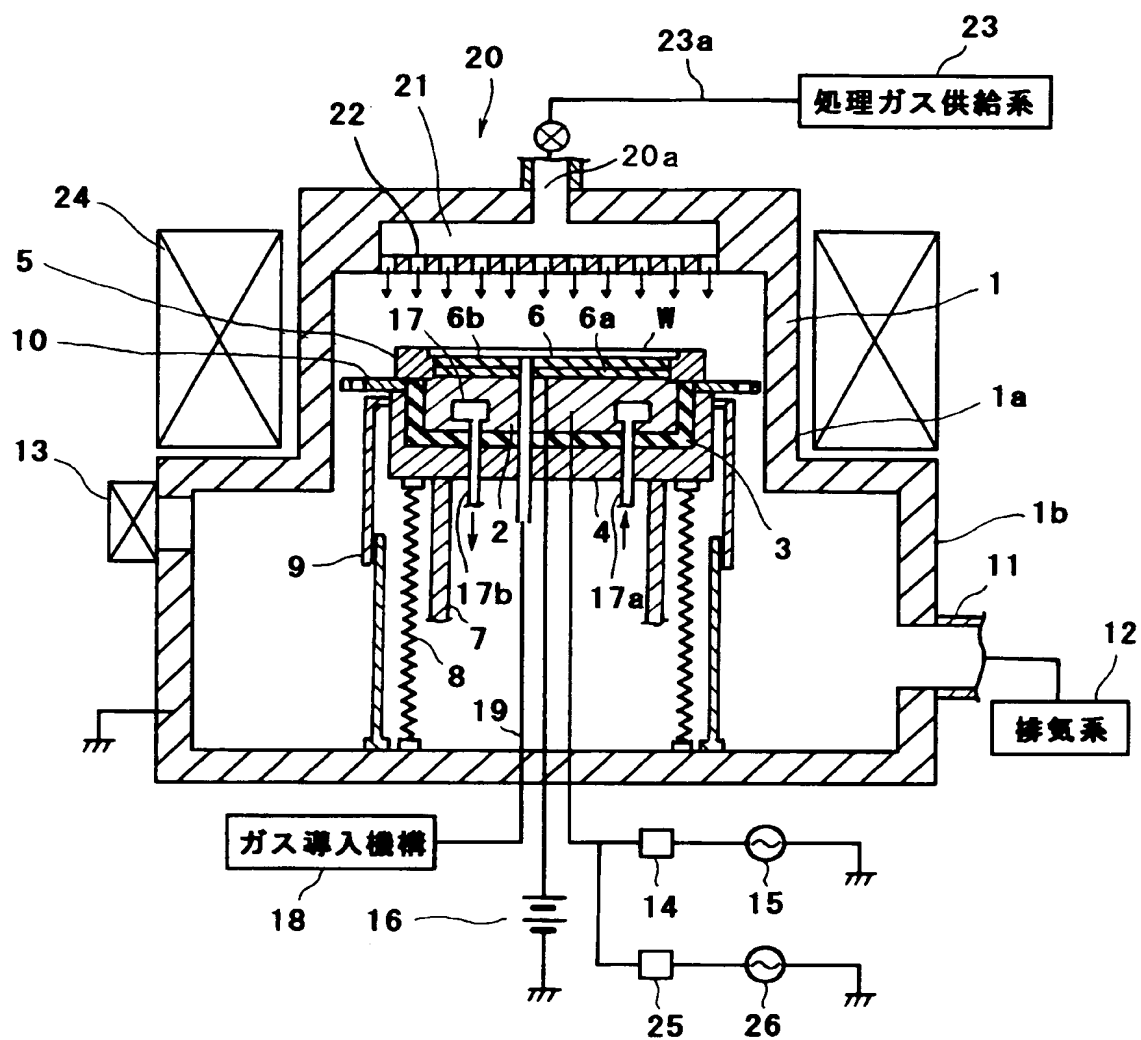
第 6 の実施例における主要なエッチング条件およびエッチング特性を一覧表として示す図である。

【符号の説明】

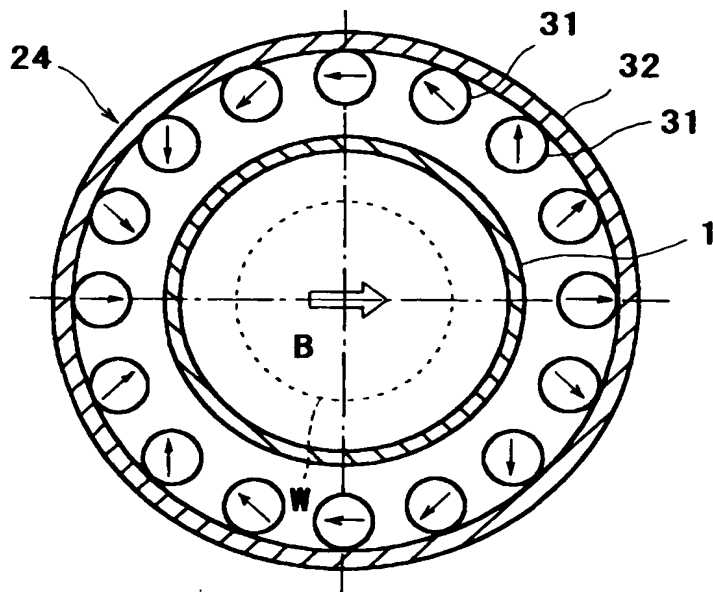
- 1 チャンバー
- 2 サセプタ（下部電極）
- 1 2 排気系
- 1 5
- 1 7 冷媒室
- 1 8 ガス導入機構
- 2 0 シャワーヘッド
- 2 3 処理ガス供給系
- 2 4 ダイボールリング磁石
- 2 6 第 1 の高周波電源

【書類名】 図面

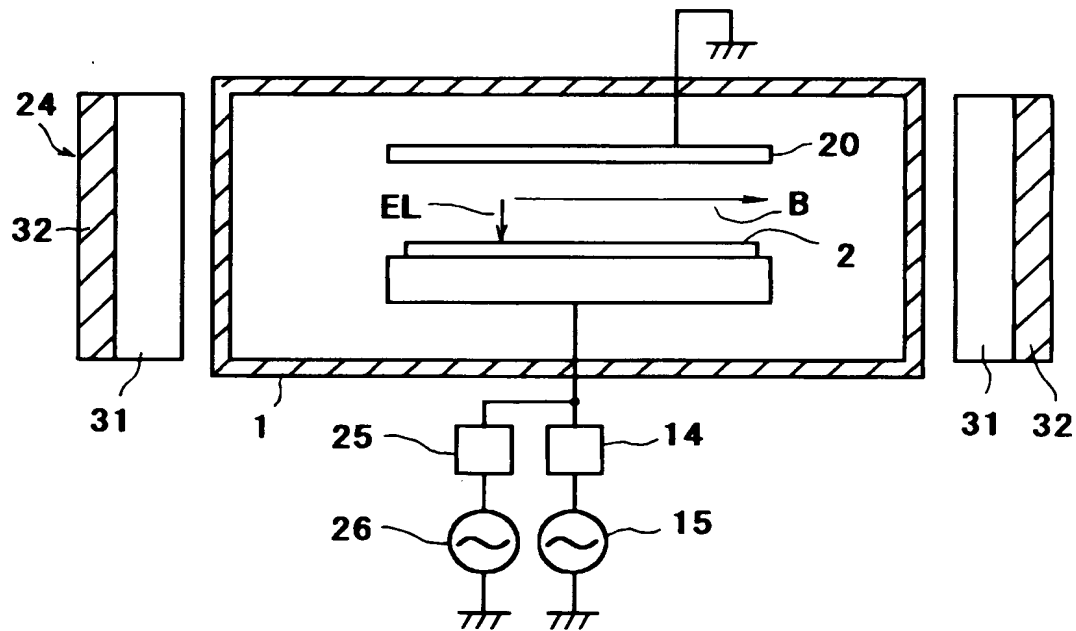
【図 1】



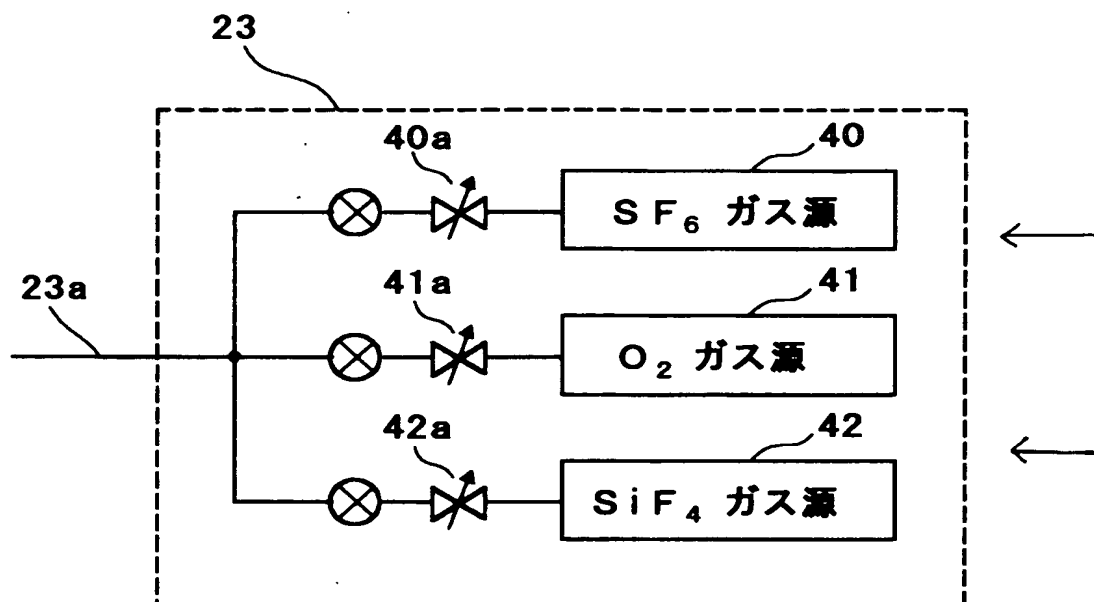
【図 2】



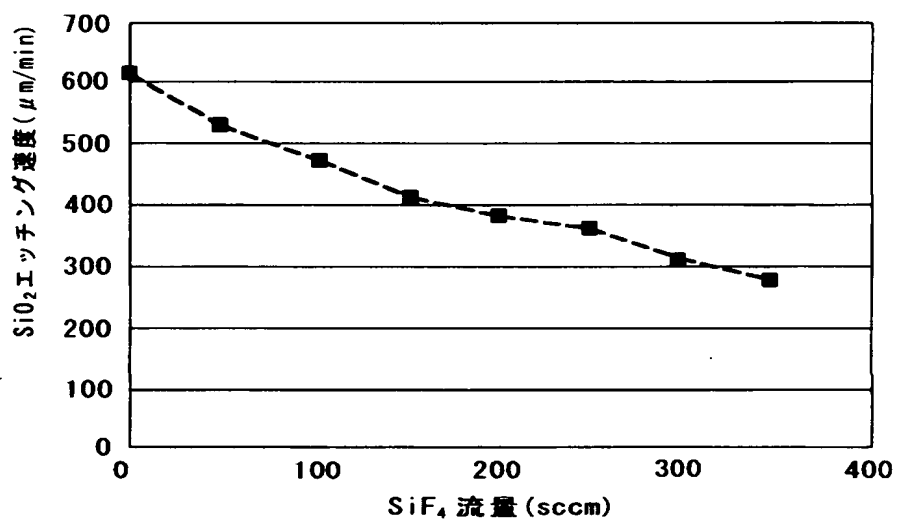
【図 3】



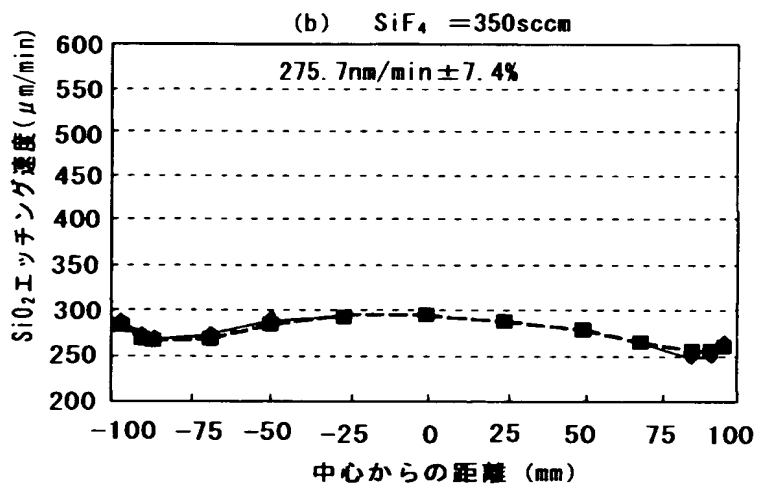
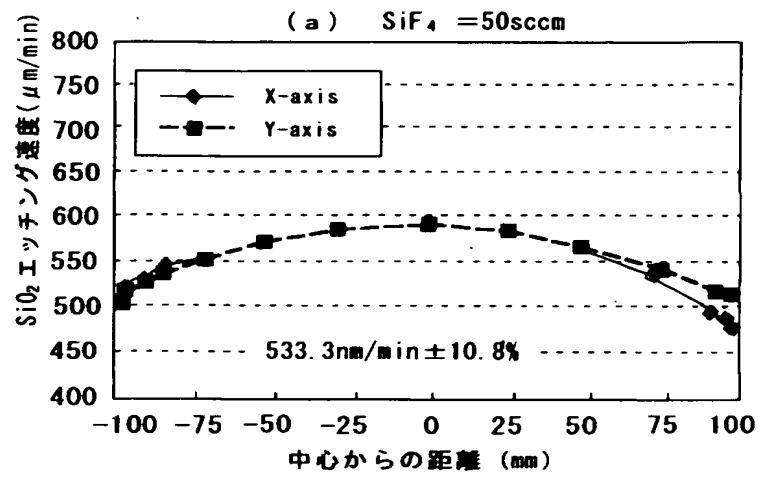
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

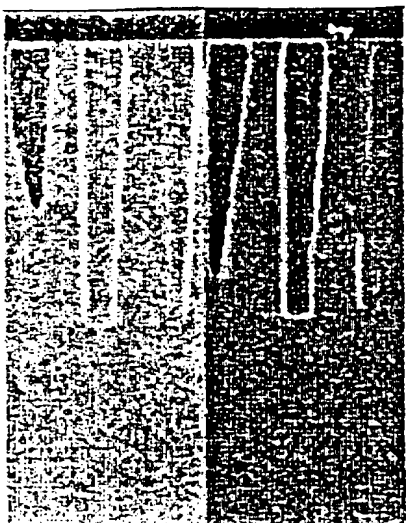
[5 $\mu\text{m}\phi$ トレンチエッチング]

	ガス種 及び流量 (sccm)	Si E/R ($\mu\text{m}/\text{min}$)		SiO ₂ E/R ($\text{\AA}/\text{min}$)		選択比		アンダーカット ($\mu\text{m}/\text{min}$)		テーパ角 (deg.)	
		センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ
比較例A ₁	SF ₆ /O ₂ (400/75)	19.8	19.5	6290	6498	31.4	30.0	0.42	0.20	88.99	89.02
実施例A ₁	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (200/40/250)	14.8	14.6	4636	4899	31.9	29.8	0.23	0.19	-	-
実施例A ₂	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (200/80/250)	15.4	15.1	3463	3847	44.4	39.2	0	0	-	-
実施例A ₃	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (200/160/250)	15.6	15.2	3377	3737	46.1	40.7	0	0	88.74	88.31
実施例A ₄	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (400/80/250)	17.2	16.9	5468	5192	31.5	32.6	0.37	0.33	-	-
実施例A ₅	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (400/160/250)	17.4	17.5	4581	4708	38.0	37.1	0	0	-	-
実施例A ₆	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (600/240/250)	17.5	17.6	5045	4920	34.7	35.7	0	0	-	-

【図 8】

〔比較例 a1〕

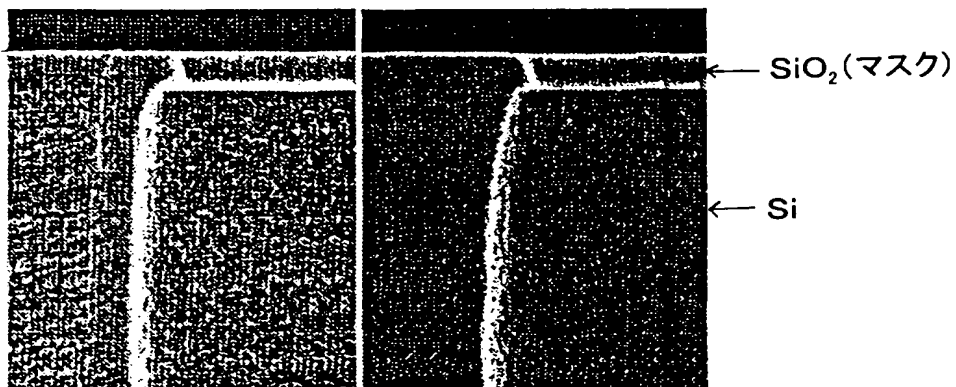
(センター) (エッジ)



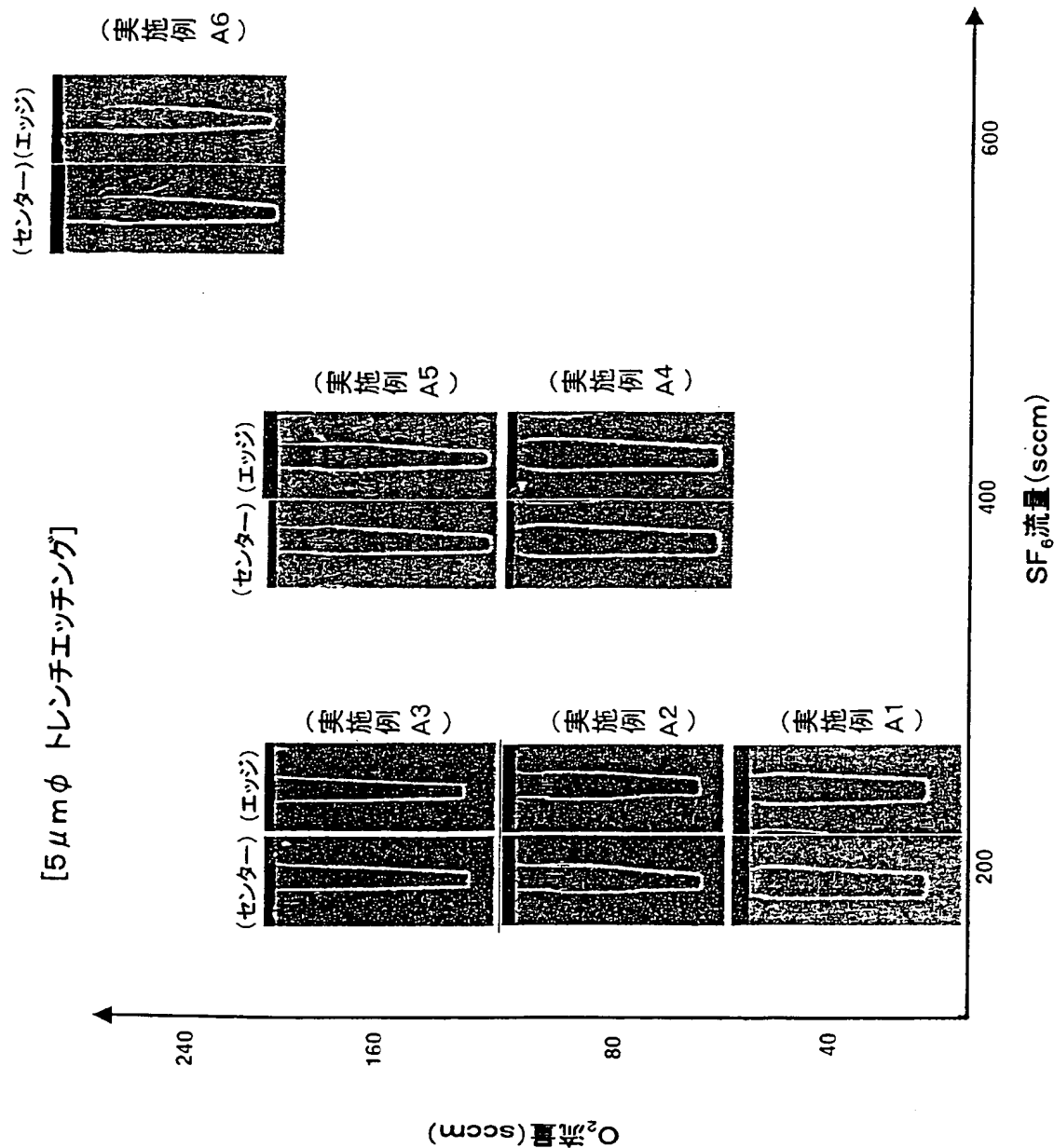
マスク付近の部分拡大図

(センター)

(エッジ)

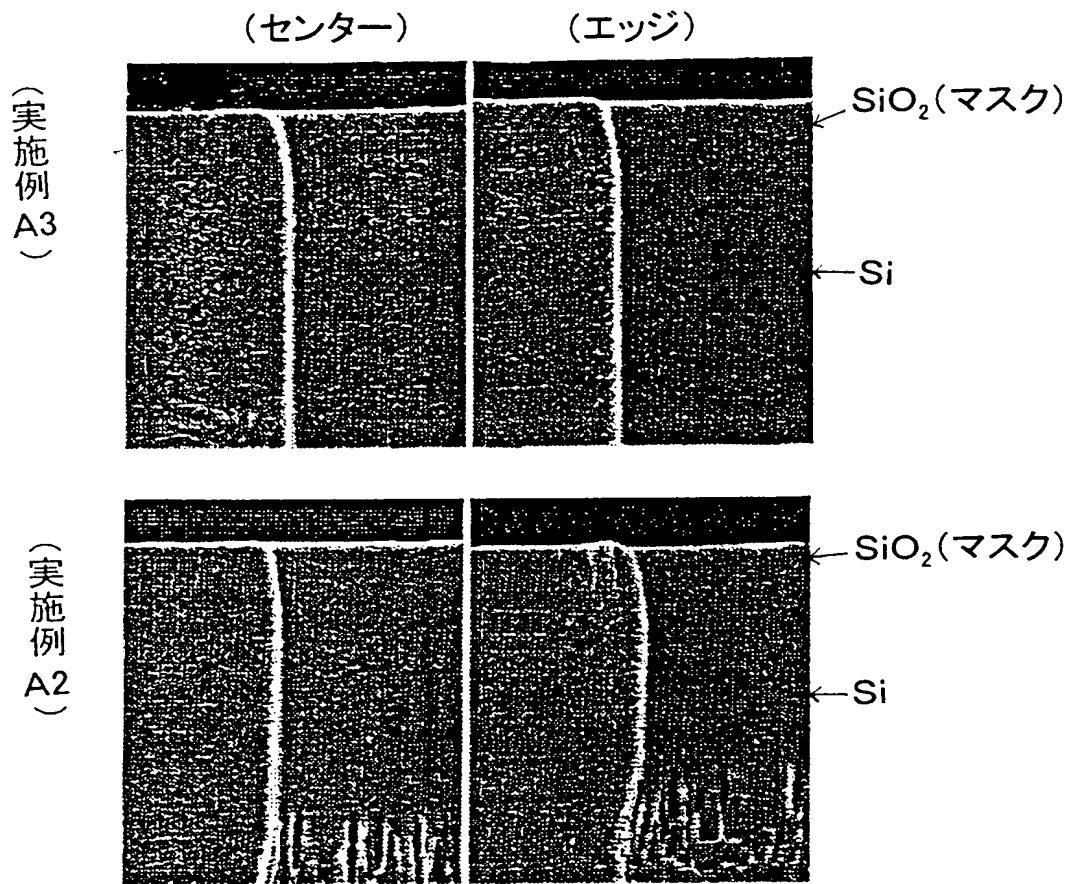


【図 9】

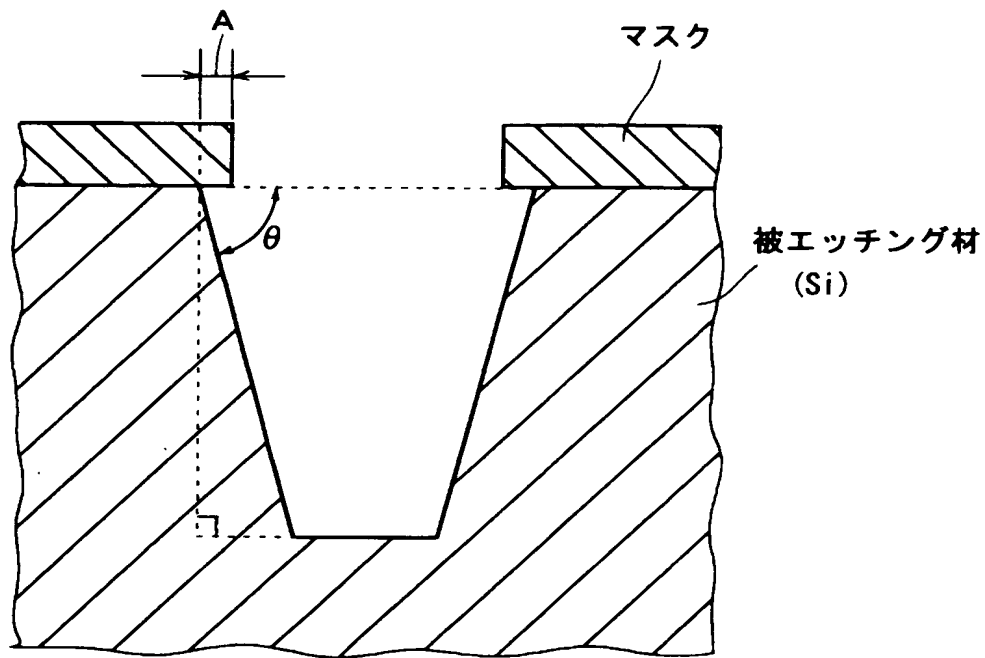


【図 10】

マスク付近の部分拡大図



【図 11】



A : アンダーカット

θ : テーパー角

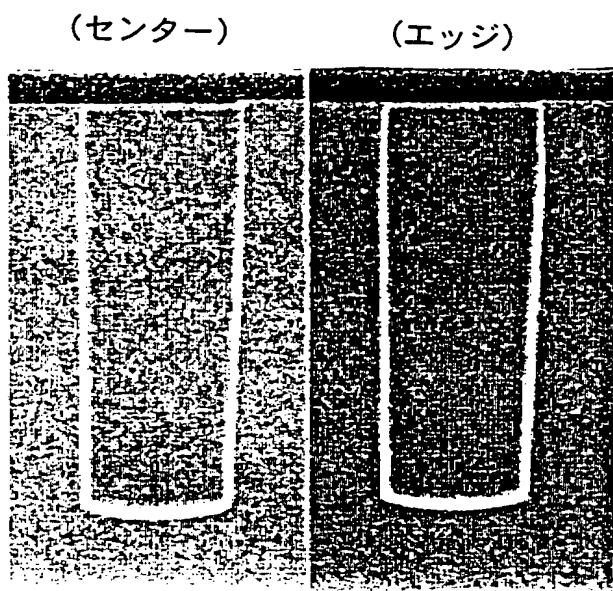
【図 12】

[20 μ m ϕ トレンチエッチング]

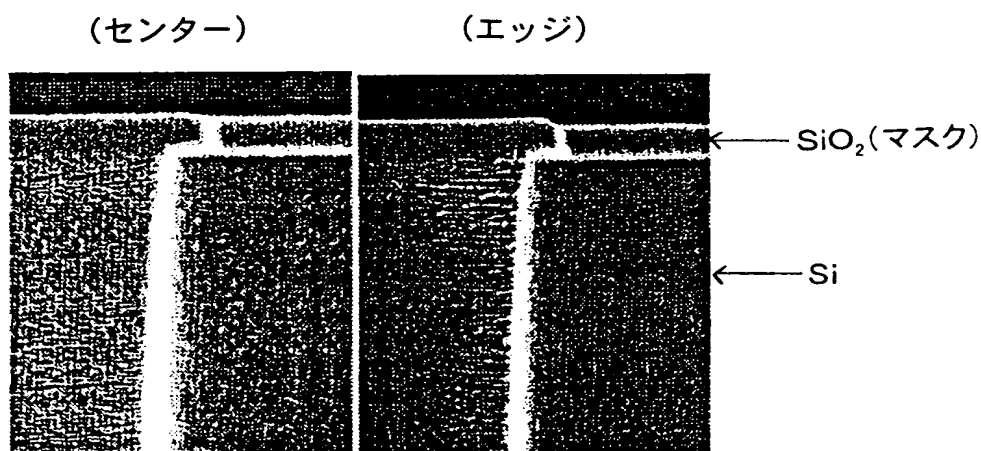
	ガス種 及び流量 (sccm)	Si E/R (μ m/min)		SiO ₂ E/R (\AA /min)		選択比		アンダーカット (μ m/min)		テーパ角 (deg.)	
		センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ
比較例B ₁	SF ₆ /O ₂ (400/75)	28.9	28.3	6290	6498	46.0	43.5	0.74	0.39	89.33	89.14
実施例B ₁	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (200/40/250)	20.9	21.0	4636	4899	45.1	42.9	-	-	-	-
実施例B ₂	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (200/80/250)	21.5	21.0	3463	3847	62.1	54.6	0	0	-	-
実施例B ₃	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (200/160/250)	15.4	14.2	3377	3737	45.5	38.1	-	-	-	-
実施例B ₄	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (400/80/250)	24.6	23.9	5468	5192	45.1	46.0	-	-	-	-
実施例B ₅	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (400/160/250)	23.2	23.3	4581	4708	50.6	49.5	-	-	-	-
実施例B ₆	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (600/240/250)	22.8	22.7	5045	4920	45.2	46.2	-	-	-	-

【図 13】

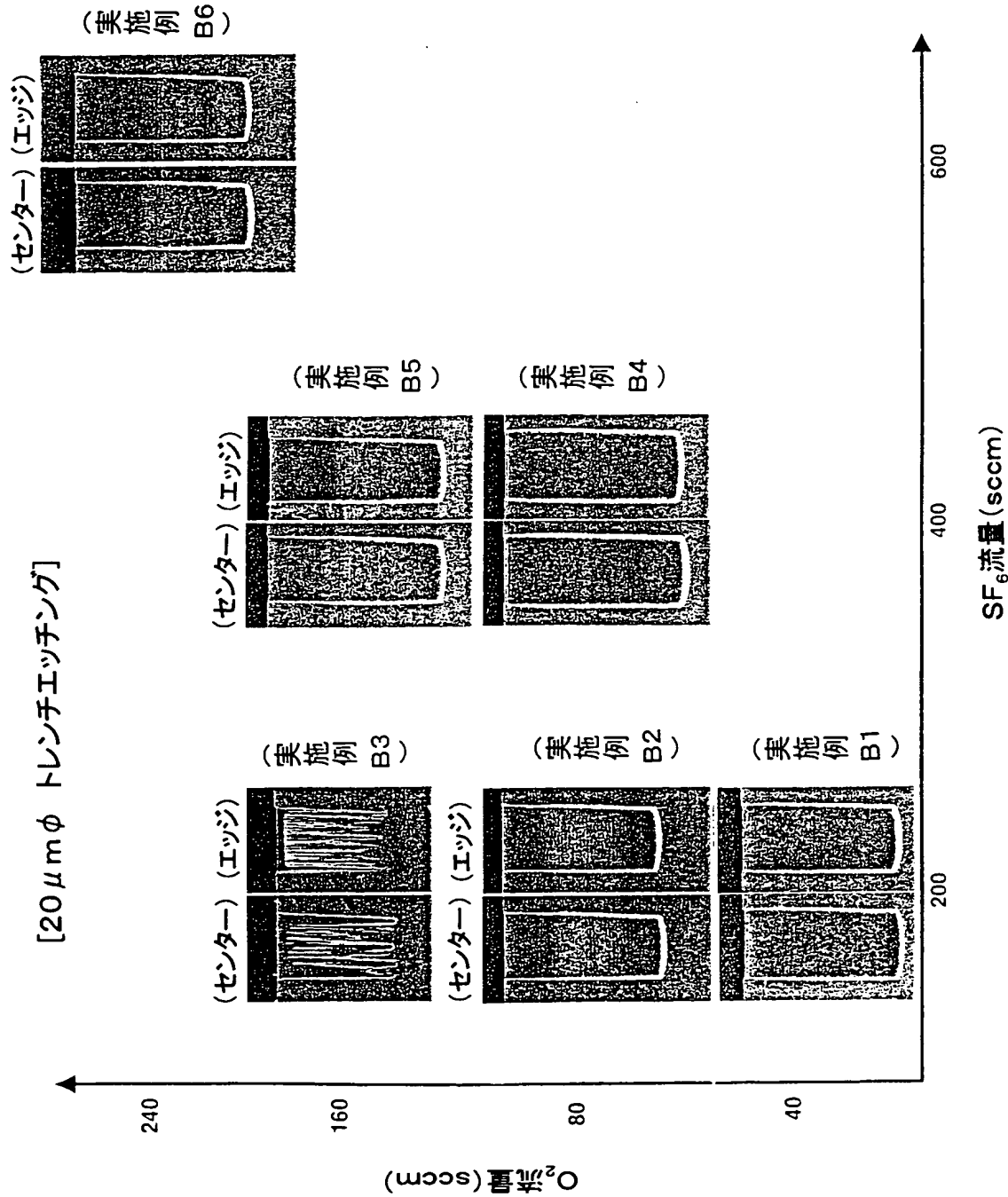
[比較例 b1]



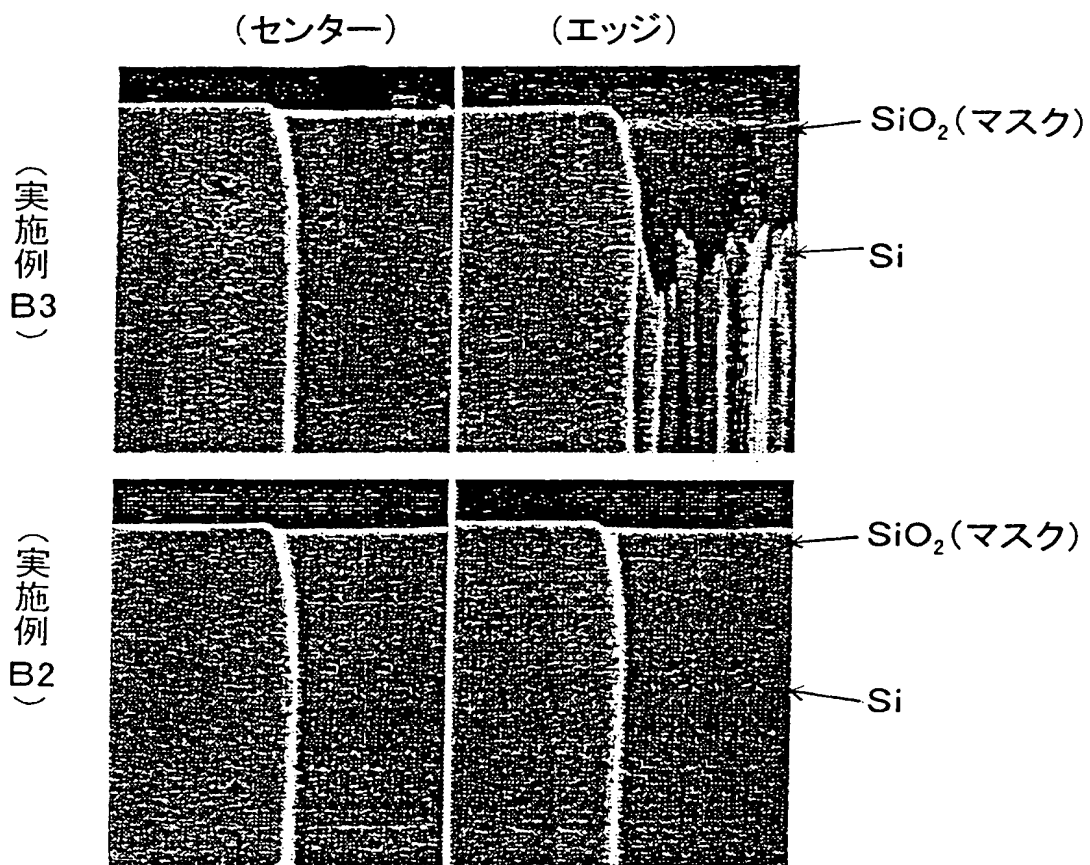
マスク付近の部分拡大図



【図 1 4】



【図 15】

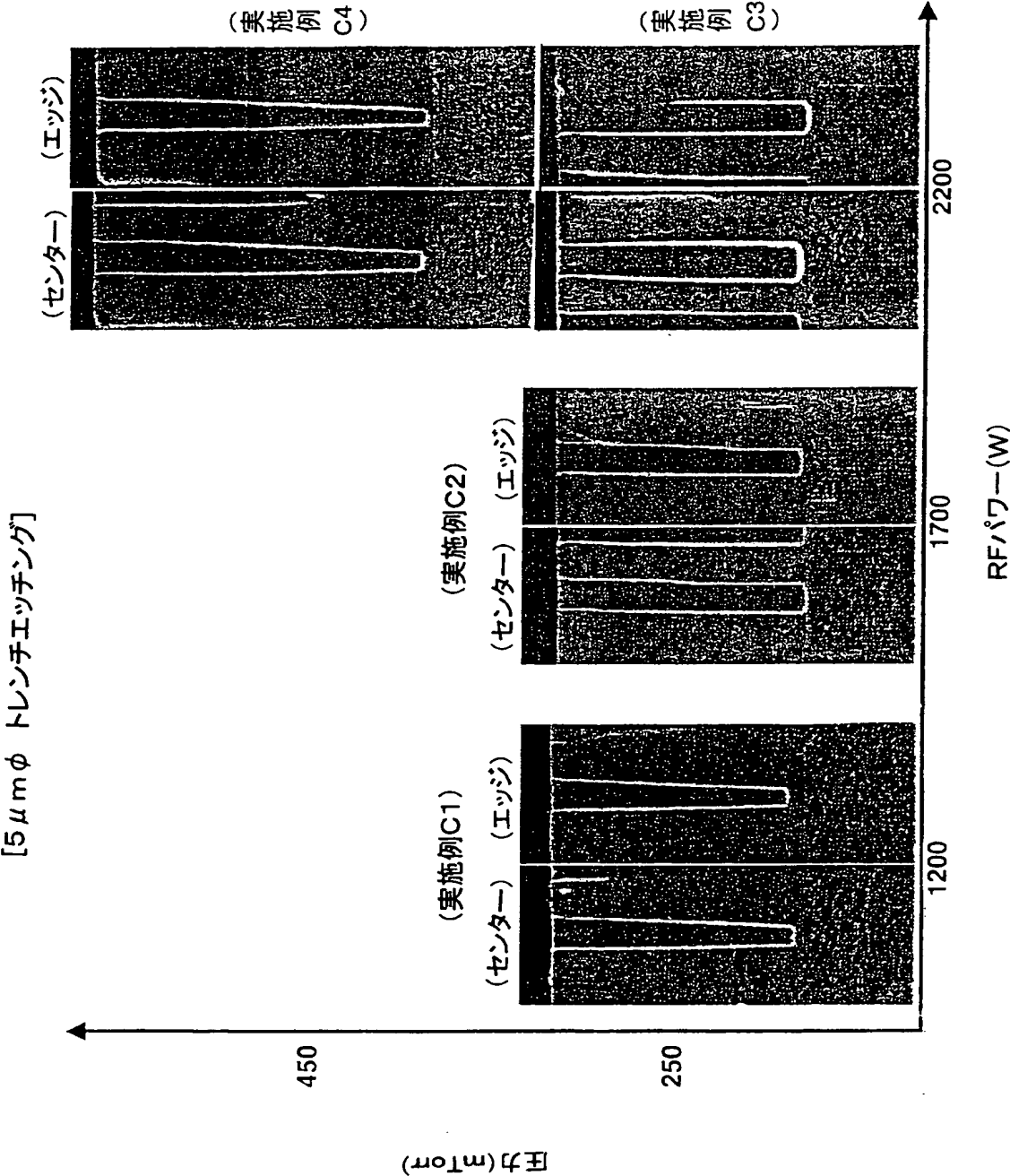
マスク付近の部分拡大図

【図 16】

[5 μ m ϕ トレンチエッチング]

	RF パワー (W)	圧力 (mTorr)	Si E/R (μ m/min)		SiO ₂ E/R (\AA /min)		選択比		チーパ角 (deg.)	
			センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ
実施例C ₁	1200	250	15.6	15.2	3377	3737	46.1	40.7	88.74	88.31
実施例C ₂	1700	250	16.1	16.0	3663	4308	44.1	37.0	90.00	89.80
実施例C ₃	2200	250	15.7	16.3	3513	3850	44.6	42.4	91.09	-
実施例C ₄	2200	450	21.0	21.2	3717	4848	56.6	43.8	89.09	88.70

【図 1 7】

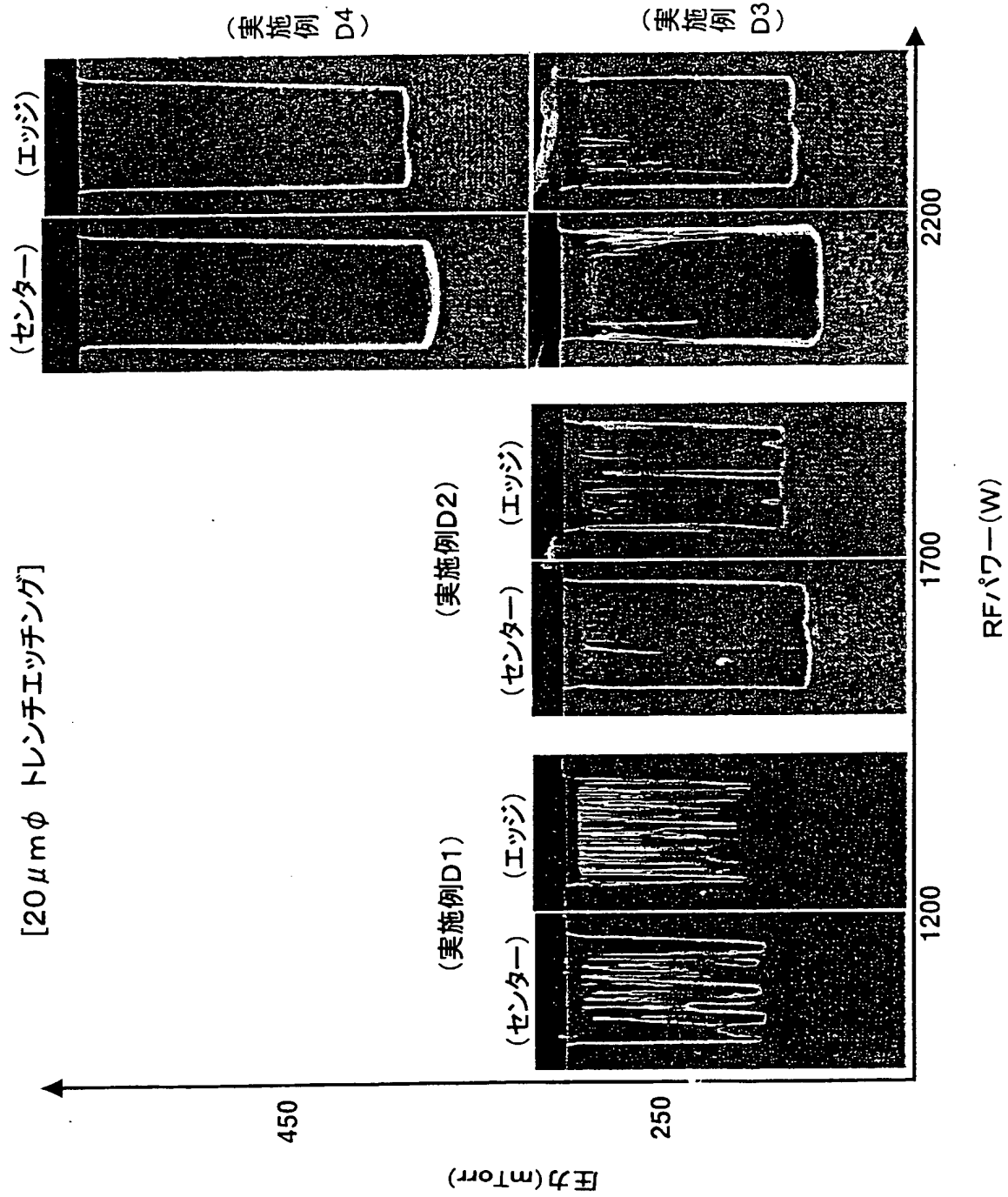


【図 18】

[20 μ m ϕ トレンチエッチング]

	RF パワー (W)	圧力 (mTorr)	Si E/R (μ m/min)		SiO ₂ E/R (\AA /min)		選択比	
			センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ
実施例D ₁	1200	250	15.4	14.2	3377	3737	45.5	38.1
実施例D ₂	1700	250	18.7	17.2	3663	4308	51.1	39.9
実施例D ₃	2200	250	20.4	17.9	3513	3850	58.1	46.4
実施例D ₄	2200	450	28.6	26.3	3717	4848	76.9	54.2

【図 19】



【図 20】

[1. 2 μm 幅 トレンチエッチング]

	ガス種 及び流量 (sccm)	圧力 (mTorr)	RF パワー (W)	背圧 (Torr)		時間 (sec)	ポイント	選択比 (Si/SiO ₂)	Si E/R (μm/min)	テーパ角 (deg.)	
				センター	エッジ						
比較例e ₁	SF ₆ /O ₂ (150/90)	70	650	7	40	60	センター	1μm	21.2	5.72	88.3
								2μm	22.4	6.05	
								10μm	24.2	6.54	87.7
							エッジ	1μm	31.9	6.30	87.3
								2μm	35.0	6.91	
								10μm	37.0	7.30	86.9
比較例e ₂	SF ₆ /O ₂ (150/90)	100	650	10	40	60	センター	1μm	21.3	6.28	87.5
								2μm	24.4	7.19	
								10μm	24.7	7.27	86.8
							エッジ	1μm	32.0	5.76	86.7
								2μm	36.7	6.60	
								10μm	36.8	6.62	86.4
比較例e ₃	SF ₆ /O ₂ (150/90)	70	500	15	40	60	センター	1μm	21.0	4.84	86.5
								2μm	24.4	5.62	
								10μm	24.8	5.71	85.9
							エッジ	1μm	35.5	4.61	87.0
								2μm	40.8	5.30	
								10μm	41.1	5.34	85.7

【図 21】

[1. 2 μ m 幅 トレンチエッチング]

	ガス種 及び流量 (sccm)	圧力 (mTorr)	RF パワー (W)	背圧 (Torr)		時間 (sec)	ポイント	選択比 (Si/SiO ₂)	Si E/R (μ m/min)	テーパ角 (deg.)
				センター	エッジ					
実施例 E ₁	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (150/90/50)	70	650	15	40	60	センター	20.5	5.38	87.7
								22.9	6.01	
								24.4	6.40	87.7
							エッジ	31.9	6.14	87.8
								34.3	6.59	
								36.3	6.97	87.6
実施例 E ₂	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (150/90/50)	170	1400	15	40	30	センター	23.4	10.69	87.1
								25.3	11.56	
								26.3	12.04	86.9
							エッジ	30.7	11.70	87.3
								33.0	12.61	
								34.5	13.17	87.1
実施例 E ₃	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (150/90/50)	250	2000	15	40	30	センター	23.1	13.05	87.3
								25.6	14.44	
								26.8	15.13	87.1
							エッジ	26.4	14.36	87.8
								28.9	15.71	
								31.2	16.94	87.8

【図 22】

[1. 2μm幅 トレンチエッチング]

	ガス種 及び流量 (sccm)	圧力 (mTorr)	RF パワー (W)	背圧 (Torr)		時間 (sec)	ポイント	選択比 (Si/SiO ₂)	Si E/R (μm/min)	テーパ角 (deg.)
				センター	エッジ					
実施例E ₄	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (150/90/350)	170	1400	15	40	30	センター	1μm	52.9	9.25
								2μm	56.8	9.95
								10μm	62.1	10.88
							エッジ	1μm	57.7	10.00
								2μm	62.6	10.86
								10μm	67.5	11.69
実施例E ₅	SF ₆ /O ₂ /SiF ₄ (150/90/350)	170	1400	15	40	80	センター	1μm	37.9	7.39
								2μm	43.8	8.54
								10μm	47.0	9.16
							エッジ	1μm	43.2	7.68
								2μm	50.7	9.02
								10μm	54.8	9.75

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 S i のエッチングにおいて、マスク選択比および異方性形状を同時に向上させ、高速エッチングも可能とすること。

【解決手段】 処理容器 1 内のサセプタ 2 に S i ウエハ W を載置してプラズマエッチングを行なうに際して、処理ガス供給系 2 3 よりフッ化硫黄またはフッ化炭素たとえば S F₆/O₂ ガス系にフッ化ケイ素たとえば S i F₄ を添加した混合ガスをエッチングガスとして処理容器 1 に導入する。シャワーヘッド 2 0 より吐出されるエッチングガスは放電してプラズマ化され、このプラズマで生成されるラジカルやイオンによってウエハ W がエッチングされる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 4 5 9 3 0
受付番号	5 0 2 0 1 2 6 4 3 1 9
書類名	特許願
担当官	宇留間 久雄 7 2 7 7
作成日	平成 1 4 年 8 月 2 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 8月26日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 4 5 9 3 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 1 9 9 6 7]

- | | |
|-----------|-------------------------|
| 1 . 変更年月日 | 1 9 9 4 年 9 月 5 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号 |
| 氏 名 | 東京エレクトロン株式会社 |
| | |
| 2 . 変更年月日 | 2 0 0 3 年 4 月 2 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 |
| 氏 名 | 東京エレクトロン株式会社 |